

## Analisis Kecocokan Nilai Percepatan Tanah Pulau Lombok Berdasarkan Perhitungan Empiris dengan Data Percepatan Tanah dari Akselerograf di Stasiun Mataram

Diana Saputri, Dwi Pujiastuti

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 9 Oktober 2019  
Direvisi: 17 Oktober 2019  
Diterima: 22 Oktober 2019

#### Kata kunci:

Akselerograf  
gempa bumi  
percepatan tanah  
persamaan empiris

#### Keywords:

Accelerograph  
Earthquake  
land acceleration  
empirical equation

#### Penulis Korespondensi:

Diana Saputri  
Email: [saputridiana92@gmail.com](mailto:saputridiana92@gmail.com)

### ABSTRAK

Telah dilakukan perhitungan nilai percepatan tanah Pulau Lombok yang divalidasi dengan nilai percepatan tanah di Stasiun Mataram. Percepatan tanah dihitung dengan beberapa rumusan empiris, yaitu Mc. Guire, Fukushima-Tanaka, Esteva dan Donovan. Data gempa yang digunakan adalah data gempa bumi di Pulau Lombok dan sekitarnya pada periode 1979-2018. Hasil validasi menunjukkan rumusan Fukushima adalah rumusan terbaik untuk menghitung percepatan tanah di Pulau Lombok dengan persentase kesalahan rata-rata terendah 220%, sedangkan rumusan lainnya memiliki persentase kesalahan rata-rata Mc. Guire 2.586%, Esteva 614%, dan Donovan 3.906%. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka rumusan Fukushima-Tanaka adalah rumusan yang paling cocok untuk menghitung nilai percepatan tanah di Pulau Lombok.

*The calculation of Lombok Island ground acceleration values which are validated with the value of acceleration of the land at Mataram Station has been carried out. Land acceleration is calculated by several empirical formulations, namely Mc. Guire, Fukushima-Tanaka, Esteva and Donovan. Earthquake data used is earthquake data on the Lombok Island and its surrounding in the periode 1979-2018. Validation result show that Fukushima-Tanaka is the best formula for calculating the acceleration of land on the Lombok Island with the average percentage error 220%, while the other formulations have an average percentage error Mc. Guire 2.586%, Esteva 614%, and Donovan 3.906%. Based on the result obtained, the formula Fukushima-Tanaka is the most suitable formula for calculating the value of land acceleration on the Lombok Island.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

BMKG (2018) menjelaskan Pulau Lombok merupakan kawasan seismik yang aktif di Indonesia dan berpotensi diguncang gempa bumi karena terletak diantara dua pembangkit gempa dari selatan dan utara, dari selatan terdapat zona subduksi lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah Pulau Lombok, sedangkan dari utara terdapat struktur geologi Sesar Naik Flores (*Flores Back Arc Thrusting*). Kondisi tektonik tersebut menyebabkan Pulau Lombok rawan diguncang gempa bumi.



Gempa bumi yang cukup besar akan berdampak pada kerusakan bangunan. Salah satu faktor yang dapat menentukan besar kecilnya kerusakan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Besar kecilnya percepatan tanah tersebut menunjukkan resiko gempa bumi yang perlu diperhitungkan sebagai salah satu bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa (Sukarasa dan Trisnawati, 2017).

Percepatan tanah di suatu daerah dapat diukur langsung saat gempa terjadi dengan akselerograf yang dipasang pada tempat tersebut (Boatwright dkk., 2001). Terbatasnya peralatan akselerograf dari segi jumlah, periode waktu maupun tempatnya menyebabkan penentuan nilai percepatan tanah maksimum lebih banyak menggunakan pendekatan rumusan empiris. Ketepatan penggunaan empiris yang digunakan untuk pemetaan nilai percepatan tanah maksimum akan menjadi informasi penting dalam menunjang pembangunan tata ruang yang baik di wilayah rawan gempa seperti Lombok.

Beberapa rumusan empiris yang dapat digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah di suatu wilayah adalah (Sunarjo dkk., 2010):

#### Rumusan Mc. Guire

Rumusan ini pernah digunakan untuk menentukan nilai PGA yang terjadi akibat gempa bumi di California Selatan, tepatnya dipatahan *San Andreas*.

Bentuk persamaan Mc. Guire sebagai berikut :

$$a = \frac{472,3 \times 10^{0,278M_s}}{R + 25^{1,301}} \quad (1)$$

dengan  $a$  adalah nilai percepatan tanah maksimum (gal),  $M_s$  adalah magnitudo permukaan dan  $R$  adalah Jarak hiposenter (km).

#### Rumusan Fukushima-Tanaka

Rumusan Fukushima-Tanaka pernah diterapkan dengan menggunakan 1372 komponen percepatan tanah maksimum horizontal dari 28 gempa di Jepang serta 15 gempa yang terjadi di Amerika. Bentuk persamaan Rumusan Fukushima-Tanaka sebagai berikut:

$$\log a = 0.41M - \log(R + 0.032 \times 100.41M) \quad (2)$$

dengan  $a$  adalah nilai percepatan tanah maksimum (gal),  $M_s$  adalah magnitudo permukaan dan  $R$  adalah jarak hiposenter (km).

#### Rumusan Esteva

Bentuk persamaan dari rumusan Esteva adalah :

$$a = \frac{5600 \exp^{0,5M_w}}{(R + 40)^2} \quad (3)$$

dengan  $a$  adalah nilai percepatan tanah maksimum (gal),  $M_w$  adalah magnitudo momen, dan  $R$ : adalah jarak hiposenter (km).

#### Rumusan Donovan

Rumusan empiris Donovan merupakan rumusan yang biasa digunakan untuk menentukan nilai PGA di suatu wilayah dengan pola tektonik subduksi. Rumusan empiris Donovan dihitung berdasarkan data rekaman gempa bumi yang terjadi pada 09 Februari 1971 di San Fernando.

Bentuk persamaan dari rumusan Donovan:

$$a = \frac{1080 \exp^{0,5M_w}}{(R + 25)^{1,32}} \quad (4)$$

dengan  $a$  adalah percepatan tanah maksimum (gal),  $M_w$  adalah magnitudo momen, dan  $R$  adalah jarak hiposenter (km).

Perhitungan percepatan tanah dengan beberapa rumusan empiris diperlukan sebagai pendekatan untuk mengetahui rumusan mana yang sekiranya paling sesuai dengan data percepatan tanah akselerograf. Estimasi setiap rumusan empiris pada setiap wilayah dilakukan untuk mencari rumusan yang paling sesuai untuk perhitungan nilai percepatan tanah pada wilayah tersebut. Rumusan Mc.Guire, Fukushima-Tanaka, Esteva dan Donovan merupakan rumusan yang pernah diterapkan pada wilayah dengan pola tektonik yang sama dengan Pulau Lombok, yaitu pola tektonik subduksi.

Hasil perhitungan percepatan tanah dari persamaan empiris di suatu wilayah harus divalidasi dengan data percepatan tanah dari akselerograf untuk melihat tingkat kecocokannya. Validasi nilai percepatan tanah akselerograf dengan keempat rumusan empiris digunakan untuk melihat rumusan empiris yang paling cocok, yaitu rumusan dengan persentase error terkecil. Pada penelitian ini digunakan rumusan empiris Mc.Guire, Fukushima-Tanaka, Donovan, dan Esteva untuk melihat rumusan yang terbaik yang akan digunakan untuk perhitungan percepatan tanah di Pulau Lombok.

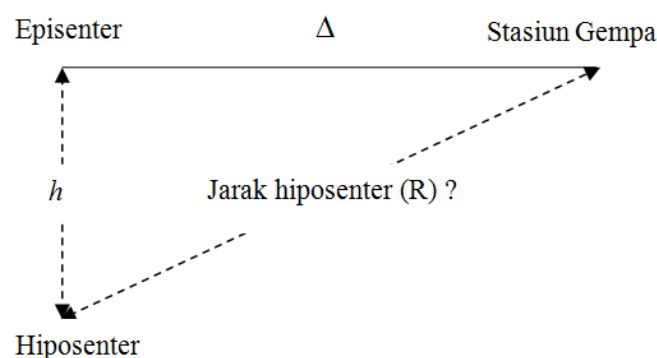
## 2. METODE

### 2.1 Data Penelitian

Data sekunder gempa bumi berupa magnitudo, lintang, bujur, waktu, posisi dan kedalaman gempa yang bersumber di Pulau Lombok dan sekitarnya diunduh dari situs *United States Geological Survey* (USGS) pada periode 1979 sampai 2018. Data percepatan tanah adalah data percepatan tanah Pulau Lombok dari akselerograf yang terpasang di Stasiun Mataram pada periode 2013-2018 yang diperoleh melalui BMKG Pusat.

### 2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data sekunder gempa bumi yang bersumber dari Pulau Lombok dan sekitarnya yang diunduh dalam periode 2013 sampai 2018 pada situs USGS. Kemudian jarak episenter dan hiposenter dihitung dari sumber gempa tahun 2013-2018 ke titik koordinat terpasangnya akselerograf. Jarak hiposenter dari sumber gempa ke titik koordinat terpasangnya akselerograf ditunjukkan oleh Gambar 1.



**Gambar 1** Jarak hiposenter gempa ke stasiun

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak episenter dan hiposenter dari sumber gempa ke titik koordinat terpasangnya akselerograf sebagai berikut:

$$\Delta^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \quad (5)$$

$$R^2 = \Delta^2 + h^2 \quad (6)$$

dengan  $x_2$  adalah koordinat lintang stasiun,  $x_1$  adalah koordinat lintang sumber gempa,  $y_2$  adalah koordinat bujur stasiun, dan  $y_1$  adalah koordinat bujur sumber gempa, sedangkan  $\Delta$  adalah jarak episenter dan  $h$  merupakan kedalaman gempa.

Data gempa yang terjadi di Pulau Lombok dan sekitarnya diunduh dari situs USGS dari periode 1979-2018. Data gempa tersebut kemudian dicocokkan koordinat lintang, bujur dan waktu terjadinya gempa dengan data pada akselerograf Stasiun Mataram pada periode 2013-2018. Selanjutnya nilai percepatan tanah dihitung dengan menggunakan rumusan empiris Mc.Guire, Fukushima-Tanaka, Esteva dan Donovan, kemudian divalidasi dengan percepatan tanah yang terukur pada akselerograf.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Pemilihan Data Gempa untuk Validasi Nilai Percepatan Tanah

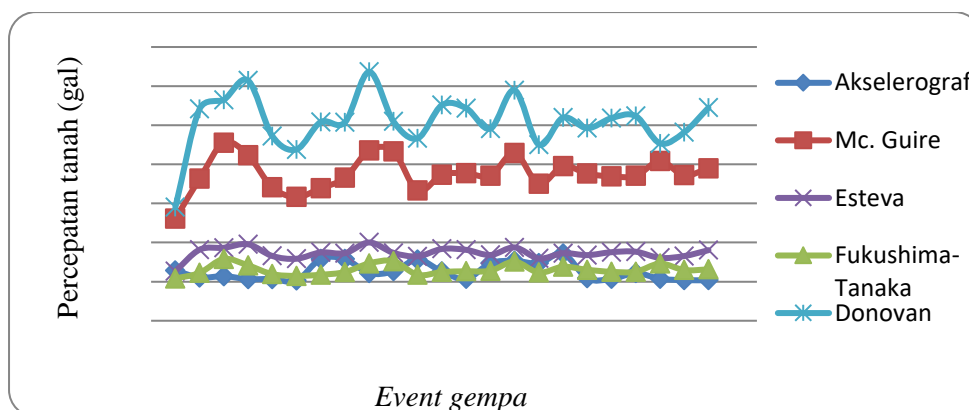
Berdasarkan hasil pencocokan data gempa diperoleh 23 kejadian gempa dengan magnitudo 5,16-5,69  $M_w$  pada kedalaman 3,3-121,93 km. Data gempa hasil pencocokan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai percepatan tanah dengan Rumusan Mc. Guire, Fukushima-Tanaka, Esteva dan Donovan. Nilai percepatan tanah yang dihitung dengan keempat rumusan empiris kemudian diplot dan divalidasi dengan nilai percepatan tanah data akselerograf.

**Tabel 1.** Data Gempa yang Sesuai dengan Data Akselerograf Tahun 2018

No	Waktu	Episenter gempa	Magnitudo (M <sub>w</sub> )	Kedalaman Gempa (km)
1	01 Juli 2018	3 km S of SesaotLauq	5,20	121,93
2	29 Juli 2018	3 km WNW of Lelongken	5,24	10
3	29 Juli 2018	5 km WNW of Lelongken	5,30	10,9
4	29 Juli 2018	3 km NE of Sembalunbambung	5,52	10
5	29 Juli 2018	3 km NE of Obelobel	5,24	13,91
6	29 Juli 2018	8 km NNE of Obelobel	5,16	10
7	05 Agustus 2018	6 km S of Belanting	5,16	10
8	05 Agustus 2018	5 km E of Anyar	5,32	3,3
9	05 Agustus 2018	7 km SW of Lokokrangan	5,57	10
10	06 Agustus 2018	3 km SE of Akarakar	5,30	22,5
11	06 Agustus 2018	2 km SE of Loloan	5,20	33,31
12	07 Agustus 2018	7 km N of TanahsongDaya	5,28	10
13	11 Agustus 2018	3 km SSE of Akarakar	5,32	10
14	19 Agustus 2018	7 km N of Obelobel	5,41	10
15	19 Agustus 2018	2 km SE of Belanting	5,69	10
16	19 Agustus 2018	12 km NNE of Belanting	5,37	10
17	19 Agustus 2018	6 km NNE of Belanting	5,57	10
18	19 Agustus 2018	5 km NNE of Belanting	5,47	19,06
19	20 Agustus 2018	2 km ENE of Loloan	5,32	10
20	25 Agustus 2018	4 km SE of Obelobel	5,32	10
21	02 September 2018	10 km N of Karanggedang	5,30	16,06
22	10 September 2018	10 km N of Obelobel	5,47	14,01
23	18 Oktober 2018	9 km WNW of Lokokrangan	5,41	10

### 3.2 Perbandingan Validasi Nilai Perhitungan Percepatan Tanah Menggunakan 4 Rumusan Empiris dengan Data Akselerograf di Stasiun Mataram

Perbandingan validasi rumusan Mc.Guire, Esteva, Donovan, dan Fukushima-Tanakaditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2. Grafik menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah yang dihitung menggunakan rumusan Fukushima-Tanakah yang mendekati nilai percepatan tanah pada akselerograf.



**Gambar 2** Perbandingan Percepatan Tanah pada akselerograf dengan 4 Rumusan Empiris

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan pola grafik akselerograf berbeda dengan Mc.Guire. Hal tersebut dapat dilihat dari tidak adanya titik yang berhimpit pada grafik. Persentase kesalahan rata-rata yang diperoleh cukup besar, yaitu 2.290%.

Pola grafik Esteva dan akselerograf terlihat mirip di beberapa titik, terutama pada gempa 01 Juli 2018 dengan episenter di Sesaot Lauq, gempa 06 Agustus 2018 dengan episenter di Loloan dan gempa 19 Agustus 2018 dengan episenter di Belanting. Ketiga kejadian gempa tersebut disebabkan oleh adanya aktifitas Sesar Naik Flores dengan sumber gempa berada di daratan Pulau Lombok. Episenter ketiga kejadian gempa berturut-turut berada pada wilayah Lombok Barat, Lombok Utara dan Lombok Timur. Persentase kesalahan rata-rata yang diperoleh dengan rumusan Esteva sebesar 552%.

Pola grafik percepatan tanah menggunakan rumusan Fukuhima- Tanaka hampir sama dengan akselerograf, terutama pada gempa 19 Agustus 2018 dengan episenter di Belanting dan gempa 25 Agustus 2018 dengan episenter di obelobel. Kedua kejadian gempa tersebut disebabkan oleh adanya aktifitas Sesar Naik Flores dengan episenter gempa di Kabupaten Lombok Timur. Persentase kesalahan rata-rata yang diperoleh jauh lebih rendah dibandingkan Mc. Guire, yaitu 220%.

Pola grafik percepatan tanah Donovan berbeda dengan Akselerograf. Berdasarkan gambar terlihat satu titik yang hampir sama, yaitu pada gempa 01 Juli 2018. Jika dilihat dari posisi episenternya, gempa 01 Juli 2018 berada di daratan Pulau Lombok, yaitu pada wilayah Sesaot Lauq, Kabupaten Lombok Barat. Gempa tersebut disebabkan oleh adanya aktifitas Sesar Naik Flores yang berada di Utara Pulau Lombok. Persentase kesalahan rata-rata yang diperoleh dari rumusan Donovan bernilai paling besar dibandingkan rumusan Mc.Guire, Fukushima-Tanaka dan Esteva, yaitu 3.460%.

Kecocokan penggunaan suatu rumusan percepatan tanah di suatu wilayah tergantung dari kondisi tektonik dan karakteristik setiap sumbergempa yang digunakan. Berdasarkan perhitungan nilai percepatan tanah yang telah dihitung dengan menggunakan Rumusan Mc. Guire, Esteva, Fukushima Tanaka, dan Donovan dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah yang dihitung menggunakan Rumusan Fukushima-Tanaka adalah rumusan yang paling sesuai untuk menghitung nilai percepatan tanah di Pulau Lombok dengan rata-rata persentase error terkecil, yaitu 220%.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Rumusan Fukushima-Tanaka merupakan rumusan paling cocok digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah di Pulau

Lombok dengan sumber gempa di Pulau Lombok dan sekitarnya dengan persentase kesalahan rata-rata terendah sebesar 220% dibandingkan ketiga rumusan lainnya dengan persentase kesalahan rata-rata yaitu Mc.Guire 2586%, Esteva 614% dan 3906%. Kecocokan penggunaan suatu rumusan percepatan tanah di suatu wilayah tergantung dari kondisi tektonik dan karakteristik sumber gempa yang digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BMKG, *Informasi Gempa Bumi dan Peringatan Dini Tsunami* (Pusat Data dan Informasi Humas BMKG, Jakarta, 2018).
- Boatwright, J, Tywissen, K and Seekins, L., Correlation of ground motion and intensity for 17 January 1994 Northridge, California earthquake. *Bulletin of the Seimological Society of America*, 91,739-752 ((2001).
- Pujiastuti, D,Gustiana, F, Minagsih, M, Arifin, H., AnalisisKecocokanNilaiPercepatan Tanah Kota Padang Berdasarkan Perhitungan Secara Empiris dengan Data Percepatan Tanah dari Akselerograf yang Terpasang di Stasiun Maritim Teluk Bayur, *Jurnal ilmu Fisika*, 10(2), 103-112 (2018).
- Sukarasa, I. K dan Trisnawati, N. L. P., 2017, Analisa Gempa Bumi dengan Menggunakan Data Percepatan Getaran Tanah (Studi Kasus Gempa Bumi NTB Tanggal 1 Agustus 2016), *Skripsi*, Jurusan Fisika, Universitas Udayana.
- Sunarjo, Gunawan, M, Pribadi, S., *GempaBumiEdisiPopuler* (BMKG, Jakarta, 2010)